

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



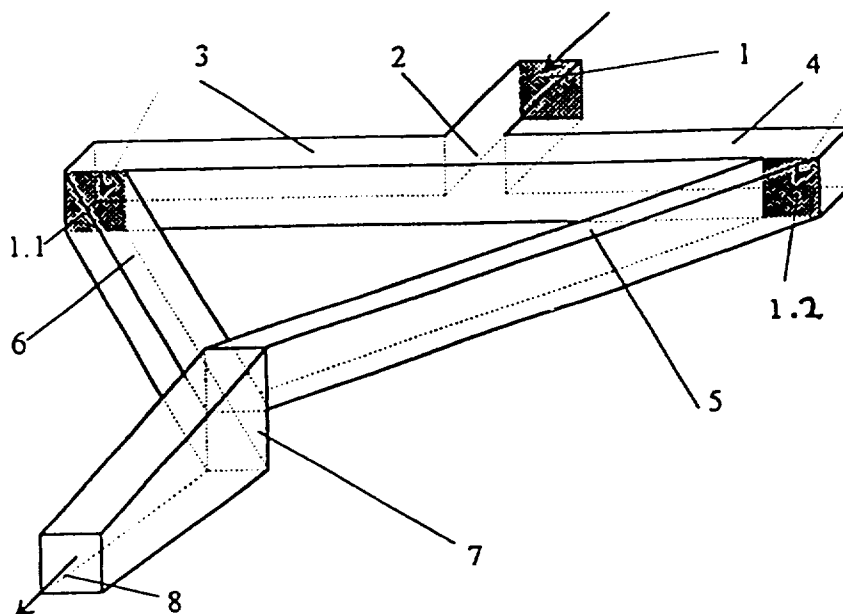
(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B01F 5/06	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/30113 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Oktober 1996 (03.10.96)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/01359 (22) Internationales Anmeldedatum: 28. März 1996 (28.03.96) (30) Prioritätsdaten: 195 11 603.8 30. März 1995 (30.03.95) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MERCK PATENT GMBH [DE/DE]; Frankfurter Strasse 250, D-64293 Darmstadt (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHWESINGER, Norbert [DE/DE]; Sturmheide 10, D-98693 Ilmenau (DE). FRANK, Thomas [DE/DE]; Max-Planck-Ring 10, D-98693 Ilmenau (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: MERCK PATENT GMBH; Frankfurter Strasse 250, D-64293 Darmstadt (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(54) Title: DEVICE FOR MIXING SMALL QUANTITIES OF LIQUIDS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM MISCHEN KLEINER FLÜSSIGKEITSMENGEN

(57) Abstract

The object of the invention is to design a device which can homogenise even very small quantities of liquids very efficiently and is easy to manufacture. This is achieved according to the invention by provision of the following features: the device comprises at least one mixing element with at least one inlet channel and at least one outlet channel; at least two microchannels issue from the inlet channel, all such issuing channels lying in a single branching plane; the microchannels are led to a confluence element in a plane which is rotated 90° in relation to the branching plane; the mixer element is arranged in the planar surface of a substrate, the planar surface being hermetically sealed by a covering. The invention concerns a device for mixing liquids in which mixing is effected by the flow of the liquids to be mixed through narrow channels.



(57) Zusammenfassung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, die bereits sehr kleine Flüssigkeitsmengen mit hoher Effizienz homogenisieren kann und die einfach herstellbar ist. Die Lösung der Aufgabe gelingt dadurch, dass die Vorrichtung aus mindestens einem Mischelement besteht, das mindestens einen Einlasskanal und mindestens einen Auslasskanal aufweist, von dem Einlasskanal mindestens zwei Mikrokanäle ausgehen, wobei alle abgehenden Kanäle in einer Verzweigungsebene liegen, die Mikrokanäle einem Zusammenflusselement zugeführt werden, wobei der Zufluss in einer Ebene erfolgt, die gegenüber der Verzweigungsebene um 90° verdreht angeordnet ist und das Mischelement in der planaren Oberfläche eines Substrates angeordnet ist, wobei die planare Oberfläche des Substrates mit einer Abdeckung hermetisch dicht verschlossen ist. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten, bei der das Mischen beim Durchströmen der zu vermischenden Flüssigkeiten durch enge Kanäle erfolgt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Vorrichtung zum Mischen kleiner Flüssigkeitsmengen
=====

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten, bei der das Mischen beim Durchströmen der zu vermischenden Flüssigkeiten durch enge Kanäle erfolgt.

Vorrichtungen zum Mischen von Flüssigkeiten sind im Stand der Technik in Form von statischen und dynamischen Mischern bekannt.

15 Statische Mischer bestehen meist aus Rohrsystemen mit festen Einbauten. Durch die Nutzung der kinetischen Energie einer strömenden Flüssigkeit, wird diese nach einem bestimmten Fließweg homogenisiert. Dynamische Mischer besitzen rotierende Mischwerkzeuge. Diese bringen die Mischenergie in das Mischgut und bewirken die Homogenisierung. Wegen der Größe der Ausrüstungen sind derartige Mischer nur für große Flüssigkeitsmengen einsetzbar. Die entstehenden End- oder Zwischenprodukte werden häufig jedoch nicht in dieser Menge benötigt.

25 Durch extreme Verkleinerung der Reaktionsumgebung wurde versucht Anordnungen zu schaffen, die ein Mischen bei geringem Materialeinsatz ermöglichen. Solche Mischer arbeiten als statische Mischer zum homogenen Vermischen kleiner Flüssigkeitsmengen nach dem Prinzip der Diffusion von Flüssigkeitsteilchen. In Proceedings μ -TAS; Enschede 1994; Seite 142-151; ISBN 0-7923-3217-2 ist eine Vorrichtung beschrieben, bei der die Flüssigkeiten durch

30

enge Kanäle fließen und sich nach entsprechend langen Strömungswegen durch Diffusion vermischen. Als nachteilig erweisen sich bei diesen Anordnungen der hohe Druckverlust und der geringe Wirkungsgrad.

5 Eine weitere Bauart statischer Mischer ist in Proceedings μ -TAS; Enschede 1994; Seite 79 beschrieben. Diese Anordnung weist eine Vielzahl von Düsen auf, durch die die zu vermischenden Flüssigkeiten
10 ineinander gepreßt werden. Auch bei diesen Ausführungen sind der hohe Druckverlust und der geringe Wirkungsgrad nachteilig.

Es sind ferner Mischer bekannt, die eine komplizierte Form der Kanäle aufweisen und bei denen
15 durch Einbauten eine Drehung und damit eine Vermischung der Flüssigkeit bewirkt werden soll, wobei nachteiligerweise nach jedem Mischelement eine Aufteilung der Flüssigkeit erfolgt und nach dem Folge-
20 element die Aufteilung wieder zu einer mechanischen Entmischung der Flüssigkeit führt. (Proceedings μ -TAS; Enschede 1994; Seite 237-243). Die bekannten Mischer für kleine Flüssigkeitsmengen sind entweder sehr kompliziert aufgebaut oder sie haben einen sehr geringen Wirkungsgrad.

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung anzugeben, die bereits sehr kleine Flüssigkeitsmengen mit hoher Effizienz homogenisieren kann und die einfach herstellbar ist.

30 Erfindungsgemäß gelingt die Lösung der Aufgabe dadurch, daß

- 3 -

- die Vorrichtung aus mindestens einem Mischelement besteht, das mindestens einen Einlaßkanal und mindestens einen Auslaßkanal aufweist,
 - von dem Einlaßkanal mindestens zwei Mikrokanäle ausgehen, wobei alle abgehenden Kanäle in einer Verzweigungsebene liegen,
 - die Mikrokanäle einem Zusammenflußelement zugeführt werden, wobei der Zufluß in einer Ebene erfolgt, die gegenüber der Verzweigungsebene um 90° verdreht angeordnet ist und
 - das Mischelement in der planaren Oberfläche eines Substrates angeordnet ist, wobei die planare Oberfläche des Substrates mit einer Abdeckung hermetisch dicht verschlossen ist.
- Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Anordnung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist zum Vermischen kleinster Flüssigkeitsmengen mit hoher Effizienz geeignet und zeichnet sich durch eine sehr kleine Baugröße aus. Jedes Element verfügt über mindestens zwei Eingangskanäle für die zu vermischenden Flüssigkeiten. Diese Kanäle können in einer vertikalen oder einer horizontalen Ebene angeordnet sein. In Strömungsrichtung treffen diese Kanäle in einem Punkt, dem Zusammenflußelement zusammen. Dieses ist so ausgebildet, daß bei einer horizontalen Lage von n Eingangskanälen von diesem Zusammenfluß n Abgangskanäle in jeweils n unterschiedlichen vertikalen Ebenen abgeben. Liegen die n Eingangskanäle in einer vertikalen Ebene, so gehen n Abgangskanäle von diesem Zusammenfluß in einer horizontalen Ebene

aus. Die Abgangskanäle bilden nun wiederum die Eingangskanäle für das folgende Mischelement. Die gesamte Anordnung besteht aus einer Vielzahl, mindestens jedoch aus zwei Zusammenschaltungen dieser Elemente. Eine Vermischung der Flüssigkeiten wird dadurch erreicht, daß beispielsweise zwei in horizontalen Strömungskanälen fließende Flüssigkeiten am Zusammenfluß so aufeinander stoßen, daß sich eine vertikale Grenzschicht zwischen beiden Flüssigkeiten einstellt. Von diesem Zusammenfluß gehen nun zwei Abgangskanäle in zwei vertikal zueinander liegende Ebenen ab. Dies bewirkt eine vertikale Aufteilung des Gesamtstromes. Ein erster Teilstrom fließt in einer ersten Ebene. Der zweite Teilstrom fließt in einer zweiten Ebene. Bevor der nächste Zusammenfluß erreicht wird, werden beide Teilströme wieder in eine Ebene geführt. Am Zusammenfluß bildet sich dadurch ein Flüssigkeitsstrom aus, der über vier Flüssigkeitsschichten mit drei Grenzschichten verfügt. Auch aus diesem Zusammenfluß gehen, wieder vertikal angeordnet, Abgangskanäle aus. Diese münden wiederum in einer Ebene in dem nächsten Zusammenfluß. Die Anzahl der Grenzschichten in der Flüssigkeit beträgt an diesem Zusammenfluß sieben.

Die Abgangskanäle sind jeweils so ausgebildet, daß der Strömungsweg der Flüssigkeiten gleich lang bzw. der Strömungswiderstand gleich groß ist.

Die Herstellung der Elemente erfolgt mit mikrostrukturierbaren Werkstoffen. Sie können hintereinander oder übereinander angeordnet sein. Die Folgeelemente können um einen beliebigen Winkel,

- 5 -

vorzugsweise um 90°, gegenüber dem Vorgängerelement verdreht angeordnet sein.

5 Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

10 Figur 1 a die Grundanordnung eines Mischelementes für vertikale Aufteilung und horizontale Übereinanderschichtung der Flüssigkeiten,

15 Figur 1 b eine Grundanordnung eines Mischelementes für horizontale Aufteilung und vertikale Aneinanderschichtung der Flüssigkeiten,

20 Figur 2 die Ansicht eines Mischelementes mit einer Eingangsubstratplatte, einer strukturierten Substratplatte und einer Abdeckplatte;

Figur 3 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus zwei strukturierten Substraten,

25 Figur 4 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus zwei strukturierten Substraten sowie der seitlichen Anordnung der Ein- und Ausgänge des Mischelementes,

30 Figur 5 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus zwei strukturierten Substraten sowie der Anordnung der Ein- und Ausgänge des Mischelementes in der oberen Substratplatte,

Figur 6 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus drei strukturierten Substratplatten,

5 Figur 7 die Ansicht eines Mischelementes bestehend aus allen Strukturen in einem Substrat,

10 Figur 8 die Ansicht eines Mischelementes zum Vermischen von mehr als zwei Fluiden bestehend aus zwei strukturierten Substratplatten und seitlich angeordneten Flüssigkeitsein- und Aus-

 tritten,

15 Figur 9 die Ansicht eines Mischelements zum Vermischen von mehr als zwei Fluiden bestehend aus zwei strukturierten Substratplatten und Flüssigkeitsein- und Austritten, die im oberen Substrat angeordnet sind,

20 Figur 10 die Draufsicht einer möglichen Hintereinanderschaltung mehrerer Mischelemente einer Anordnung mit drei Substraten, und

25 Figur 11 die Schnittdarstellung der Anordnung 10.

30 In Figur 1a ist die Grundanordnung eines Mischelementes schematische dargestellt. Bei diesem Mischelement wird die zu homogenisierende Flüssigkeit durch einen Mikrokanal am Eingang 1 in das Mischelement eingeleitet. Dieser Mikrokanal besitzt eine Verzweigung 2, von dem die Mikrokanäle 3 und 4 ausgehen. Die Verzweigung 2 bewirkt eine Aufteilung der Flüssigkeit entlang einer gedachten vertikalen

- 7 -

Linie. Die Mischelemente können mehrfach hintereinander angeordnet werden. Für Mischelemente, die am Anfang angeordnet sind, erfolgt der Zulauf der zu vermischenden Flüssigkeiten durch die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2. Der Eingang 1, die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2, die Verzweigung 2 und die Mikrokanäle 3,4 befinden sich in einer horizontalen Ebene. Die nachfolgenden Mikrokanäle sind so angeordnet, daß Mikrokanal 6 diese Ebene verläßt. Der Mikrokanal 5 verbleibt in der horizontalen Ebene. Die Mikrokanäle 5 und 6 sind so angeordnet, daß sie in einem Zusammenflußelement 7 wieder zusammentreffen, wobei sich die beiden Mikrokanäle 5 und 6 in unterschiedlichen Ebenen befinden. Dadurch erfolgt am Zusammenflußelement 7 entlang einer gedachten horizontalen Linie die Übereinanderschichtung der aus den Mikrokanälen 5 und 6 strömenden Flüssigkeiten. Nachdem die Flüssigkeiten das Zusammenflußelement 7 passiert haben, gelangen sie in einen weiteren Mikrokanal 8. Dieser Mikrokanal 8 bildet in seiner Form einen erneuten Eingang für ein folgendes Mischelement oder führt im Fall des letzten Mischelements zum Ausgang des Mikromischers.

In Figur 1b ist die schematische Grundanordnung eines Mischelementes dargestellt, bei dem die zu homogenisierende Flüssigkeit durch einen Mikrokanal am Eingang 1 in das Mischelement eingeleitet wird. Dieser Mikrokanal mündet in der Verzweigung 2, von der die Mikrokanäle 3 und 4 ausgehen. In der Verzweigung 2 erfolgt eine Aufteilung der Flüssigkeit entlang einer gedachten horizontalen Linie. Für Mischelemente, die am Anfang angeordnet sind, er-

folgt der Zulauf der unterschiedlichen Flüssigkeiten durch die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2. Der Eingang 1, die Querschnittsflächen 1.1 und 1.2 und die Mikrokanäle 3 und 4 befinden sich bei
5 diesem Mischelement in zwei horizontalen Ebenen. Die Verzweigung 2 verbindet durch einen ausgebildeten Durchbruch die beiden horizontalen Ebenen. Im weiteren Verlauf der Mikrokanäle verläßt einer der Mikrokanäle 6 die horizontale Ebene, während der
10 Mikrokanal 5 dort verbleibt. Die Mischkanäle 5 und 6 sind so angeordnet, daß sie im Zusammenflußelement 7 wieder zusammentreffen. Da aber beide Mikrokanäle 5 und 6 in gleichen horizontalen Ebenen liegen, erfolgt am Zusammenflußelement 7 entlang einer
15 gedachten vertikalen Linie die Aneinanderschichtung der aus den Mikrokanälen 5 und 6 strömenden Flüssigkeiten. Nach dem Zusammenflußelement 7 ist ein weiterer Mikrokanal 8 angeordnet. Dieser Mikrokanal bildet in seiner Form einen erneuten Eingang für
20 ein folgendes Mischelement oder führt im Fall des letzten Mischelementes zum Ausgang des Mikromischers.

In Figur 2 ist ein Mischelement dargestellt, das
25 sich in einem ebenen Substrat 10 befindet. Auf der Oberseite des Substrates 10 ist ein weiteres Substrat 11 angeordnet. Das Substrat 11 enthält die Eingänge 12 und 13 in das Mischelement sowie den Ausgang 14 aus dem Mischer. Im Substrat 10 kann
30 eine beliebige Anzahl von Mischelementen angeordnet sein. Die Lage der Eingänge 12 und 13 und des Ausgangs 14 bezüglich der Lage der Mischelemente sind durch Pfeile 15a, 15b und 15c dargestellt. Dabei

sind beim ersten Mischelement eines Mikromischers die Eingänge 12 und 13 auf dem Substrat 11 so positioniert, daß sie direkt mit den Mikrokanälen 16 und 17 des Substrates 10 in Verbindung stehen. Die Substrate 10 und 11 stehen miteinander in einer hermetisch dichten Verbindung. Die Mikrokanäle 16 und 17 sind im Substrat 10 nebeneinander angeordnet. Die durch die Mikrokanäle 16 und 17 geführten Flüssigkeiten werden im Mikrokanal 18 übereinandergeführt. Die aus den beiden Mikrokanäle 16 und 18 kommenden Flüssigkeitsströme treffen an der Verbindung 19 wieder zusammen, wobei an diesem Verbindungspunkt der Flüssigkeitsstrom aus Mikrokanal 16 in einer anderen horizontalen Ebene liegt als der Flüssigkeitsstrom aus Mikrokanal 18. Von der Verbindung 19 ausgehend setzt sich der Flüssigkeitsstrom aus Mikrokanal 18a in der zweiten Ebene des Substrates 10 fort bis zur Verzweigung 20. Von der Verzweigung 20 gehen erneut zwei Mikrokanäle 21 und 22 aus, so daß der vom Mikrokanal 22 ausgehende Flüssigkeitsstrom in der zweiten horizontalen Ebene des Substrates 10 verbleibt während der zweite aus Mikrokanal 21 ausgehende Flüssigkeitsstrom diese horizontale Ebene verläßt und in einen Mikrokanal 23 in der ersten horizontalen Ebene des Substrates 10 mündet. Die beiden Flüssigkeitsströme aus den Mikrokanälen 22 und 23, die sich in unterschiedlichen horizontalen Ebenen des Substrates 10 befinden, treffen an der Verbindung 24 wieder zusammen, wobei an dieser Verbindung 24 der aus Kanal 22 kommende Flüssigkeitsstrom in einer anderen horizontalen Ebene liegt als der aus Kanal 23. Von der Verbindung 24 ausgehend

setzt sich der Mikrokanal 23a in der ersten Ebene des Substrates 10 fort bis zur Verzweigung 25. An dieser Verzweigung 25 werden erneut zwei Flüssigkeitsströme von den Mikrokanälen 16a, 17a ausgebildet. Die Mikrokanäle 16a und 17a stellen die Eingangskanäle für ein weiteres Mischelement dar. Im Fall des letzten Mischelementes ist im Substrat 11 ein Durchbruch so angeordnet, daß er unmittelbar mit dem Kanal 23a im Substrat 10 in Verbindung steht. Das gesamte Substrat 10 auf dem sich die Strukturen aller Mischelemente befinden ist an der Unterseite mit einem weiteren Substrat 26 hermetisch dicht verschlossen.

Eine weitere Ausführungsform für ein Mischelement ist in Figur 3 gezeigt. Das Mischelement wird durch zwei Substrate 30 und 31 realisiert, die miteinander hermetisch dicht verbunden sind. In der Oberseite des Substrates 31, das eine horizontale Ebene darstellt, sind Mikrokanäle 32, 33 und 34 angebracht. Jeder dieser Kanäle ist von den anderen Kanälen 32, 33 und 34 im Substrat 31 isoliert. In der Unterseite des Substrates 30, das eine weitere horizontale Ebene darstellt, ist ebenfalls eine Mikrokanalstruktur eingebracht, die verschiedene Abschnitte aufweist. Im ersten Abschnitt 35 ist der Mikrokanal gerade ausgeformt. An diesem Abschnitt schließt sich eine Verzweigung 36 an. Von dieser Verzweigung 36 ausgehend werden zwei neue Mikrokanäle 37 und 38 gebildet. Die Zuordnung der Mikrokanäle des Substrates 30 zum zweiten Substrat 31 erfolgt dabei so, daß die Enden der Mikrokanäle 32,33 unmittelbar mit dem Kanal 35 in Berührung

kommen. Weiterhin sind die Enden der Mikrokanäle 37,38 so angeordnet, daß eine Überdeckung mit dem Mikrokanal 34 des zweiten Substrates 31 möglich ist.

5 In der Unterseite des Substrates 30 befindet sich ein Mikrokanal 39, der die Enden der Kanäle 32 und 33 in dem Substrat 31 überdeckt. Dieser Mikrokanal 39 weist eine Eintrittsfläche 40 für die zu vermischenden Flüssigkeiten auf. Der Ausgang des Misch-
10 elementes wird durch den Mikrokanal 41 mit der Austrittsfläche 42 gebildet.

Eine zweckmäßige Anordnung der Flüssigkeitseintritte und der Flüssigkeitsaustritte ist in Figur 4
15 gezeigt. In dem ersten Substrat 30 befinden sich die Mikrokanäle 47 und 48, die die Mikrokanäle 53 und 54 im zweiten Substrat 31 in ihrer Breite vollständig überdecken und deren Enden die Mikrokanäle 32 und 33 des Substrates 31 ebenfalls überdecken.
20 Gemeinsam mit den Mikrokanälen 47 und 48 des ersten Substrates 30 bilden die Mikrokanäle 53 und 54 des zweiten Substrates 30 Eintrittsflächen 45 und 46 für die zu vermischenden Flüssigkeiten. Der Flüssigkeitsaustritt wird durch die Überdeckung des Mikrokanals 49 im ersten Substrat 30 und des Mikrokanals 55 im zweiten Substrat 31 gebildet. Durch
25 diese Überdeckung beider Mikrokanäle 49 und 55 entsteht eine gemeinsame Austrittsfläche. Nicht bildlich dargestellt ist, daß zur fluidischen Kontaktierung durch die Eintrittsflächen 45 und 46
30 und die Austrittsflächen 50 auch Kapillarröhrchen geschoben werden können, die an ihrem Umfang gegenüber den Substraten 30 und 31 abgedichtet sind.

Eine weitere Möglichkeit der äußeren fluidischen Kontaktierung der Mikromischelemente ist in Figur 5 dargestellt. Das Substrat 30 besitzt ausgeformte Durchbrüche 56, die die Enden der Mikrokanäle 32 und 33 im Substrat 31 überdecken. Diese Durchbrüche sind so ausgebildet, daß ein Zulauf der zu vermischenden Flüssigkeiten in das Mischelement möglich wird. Der Ausgang des Mischelementes wird ebenfalls von einem Durchbruch 57 im Substrat 30 gebildet. Dieser Durchbruch 57 ist dabei so angeordnet, daß er das Ende des Mikrokanals 34 im Substrat 31 überdeckt. Bildlich nicht dargestellt ist, daß auf der Oberfläche des Substrates 30 Rohre angeordnet sind, deren Eintrittsquerschnitt parallel zur Substratoberfläche angeordnet ist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 ist ein Mischelement gezeigt, das aus insgesamt drei Substraten aufgebaut ist. In einem ersten Substrat 60 befinden sich die Zulaufkanäle 63 und 64. Die Enden dieser Zulaufkanäle sind in Flußrichtung zu zwei Mikrokanalabschnitten 67 und 69 im zweiten Substrat 61 so angeordnet, daß es zu einer Überdeckung kommt. Die Mikrokanalabschnitte 67 und 69 münden in einem Zusammenflußelement 68. Das Zusammenflußelement 68 wird an seiner Oberseite vom Mikrokanal 65 des Substrates 60 und an seiner Unterseite vom Mikrokanal 66 des dritten Substrates 62 überdeckt. Die Mikrokanäle 65 und 66 sind so geformt, daß sie sich in Flußrichtung gesehen, mit den Mikrokanalabschnitten 70 und 71 im zweiten Substrat 61 überdecken. Die Mikrokanalabschnitte 70 und 71

münden in einem Zusammenflußelement 72. Von diesem Punkt geht ein erneuter Mikrokanal 73 aus, der das Mischelement mit weiteren Mischelementen verbindet.

5 In Figur 7 ist ein Mischelement gezeigt, bei dem sich alle Strukturen auf einem Substrat 75 befinden. In der oberen Ebene des Substrates 75 ist der Eingangskanal 77 für eine Flüssigkeit angeordnet. In der unteren Ebene des gleichen Substrates 75 be-
10 findet sich der Eingangskanal 76 für eine zweite Flüssigkeit. Beide Mikrokanäle münden in einem Zusammenflußelement 78, das so ausgeführt ist, das in der unteren Ebene des Substrates zwei neue Mikrokanäle 79 und 80 entspringen. Das Zusammenflußelement 78 ist dabei so gestaltet, daß er die obere
15 und die untere Ebene des Substrates 75 miteinander verbindet. Einer der Mikrokanäle 80 verbleibt in seinem weiteren Verlauf in der unteren Ebene des Substrates 75. Der zweite Mikrokanal 79 mündet in
20 einem Durchbruch 81 zwischen der oberen und der unteren Ebene des Substrates 75. Von diesem Durchbruch 81 geht ein erneuter Mikrokanal 82 in der oberen Ebene des Substrates 75 aus, der schließlich wieder in einem Zusammenflußelement 83 mündet, welches
25 ähnlich dem Zusammenflußelement 78 gestaltet ist. Von diesem Zusammenflußelement 83 gehen erneut zwei Mikrokanäle 80 und 81 in der oberen Ebene des Substrates aus. Die gestrichelte Linie kennzeichnet dabei das Ende eines Mischelementes und den Übergang zu einem neuen Mischelement. Zum Betreiben der
30 Mischelemente können die Eingänge 76 und 77 genutzt werden. In diesem Fall werden die Ausgänge durch die Kanäle 80 und 81 gebildet. Ebenso ist es mög-

lich, die Kanäle 80 und 81 als Eingänge des Mischelementes auszubilden. In diesem Fall wird der Ausgang des Mischelementes durch die Kanäle 76 und 77 gebildet.

5

Figur 8 zeigt ein Mischelement, daß sich zum Mischen von mehr als zwei verschiedenen Flüssigkeiten eignet. Zum Flüssigkeitseintritt sind die Mikrokanäle 85, 86, 87 und 88 ausgebildet. Diese Kanäle sind so miteinander verbunden, daß im Mikrokanal 89 eine Übereinanderschichtung der einzelnen Flüssigkeiten erzwungen wird. Am Verzweigungspunkt 90 erfolgt eine Aufteilung des Mikrokanals in die gleiche Anzahl von Mikrokanälen 92 wie sie am Flüssigkeitseintritt ausgebildet sind. Die Mikrokanäle 92 sind durch den Mikrokanal 91 an ihren Enden miteinander verbunden. Der Austritt wird durch den Mikrokanal 93 gebildet.

10

15

20

25

30

Figur 9 zeigt eine weitere Möglichkeit zum Mischen von mehr als zwei verschiedenen Flüssigkeiten. Die Flüssigkeitseintritte 93 sind mit den Mikrokanälen 94, 95 und 96 in der zweiten Ebene des Mischelementes verbunden. Die Mikrokanäle 94, 95 und 96 münden an ihren Enden in den Kanal 97 in der ersten Ebene des Mischelementes ein. An dessen einem Ende befindet sich ein Verzweigungspunkt 98 von dem aus mindestens zwei, hier die Mikrokanäle 99 und 100 in der zweiten Ebene des Mischelementes. An einem Ende des Mikrokanals 101 ist ein Austritt 102 aus dem Mischelement angeordnet.

- 15 -

5 In Figur 10 ist die Draufsicht einer Zusammenschaltung mehrerer Mischelemente gezeigt. Das obere Substrat wurde der Anschaulichkeit halber nicht dargestellt. Die ausgezogenen Linien 103 zeigen die Struktur der Mikrokanäle in der ersten Ebene. Die Struktur der zweiten Ebene ist durch gestrichelte Linien 104 wiedergegeben. An den Überdeckungsstellen 105 der Strukturen beider Ebenen befinden sich Durchbrüche zwischen den Ebenen.

10 Figur 11 zeigt eine Schnittdarstellung von Figur 10, wobei das Abdecksubstrat 106 mit den Eintrittsöffnungen 107 und einer Austrittsöffnung 108 dargestellt sind. Die Kanalstrukturen 109 und die Durchbrüche 110 im Substrat 111 sind deutlich erkennbar.

15 Die Unterseite des strukturierten Substrates 111 ist mit einem weiteren Substrat 112 abgedeckt.

20

25

30

35

B E Z U G S Z E I C H E N L I S T E
=====

5	
	1 Eingang
	1.1, 1.2 Querschnittsflächen
	2 Verzweigung
10	3, 4 Mikrokanäle
	5, 6 Mikrokanäle
	7 Zusammenflußelement
	8 Mikrokanal
	10, 11 Substrate
15	12, 13 Eingänge
	14 Ausgang
	15a, b, c Pfeile
	16, 17, 18 Mikrokanäle
	18a Mikrokanal
20	19 Verbindung
	20 Verzweigung
	21, 22, 23 Mikrokanäle
	24 Verbindung
	25 Verzweigung
25	26 Substrat
	30, 31 Substrat
	32, 33, 34 Mikrokanäle
	35 erster Abschnitt des Mikrokanals
	36 Verzweigung
30	37, 38, 39 Mikrokanäle
	40 Eintrittsfläche
	41 Mikrokanal
	42 Austrittsfläche

	45,46	Eintrittsflächen
	47,48	Mikrokanäle
	49	Überdeckung
	50	Austrittsfläche
5	53,54	Mikrokanäle
	55	Mikrokanal

5

P A T E N T A N S P R Ü C H E
=====

10

1. Vorrichtung zum Mischen von Flüssigkeiten bei der das Mischen beim Durchströmen der zu vermischenden Flüssigkeiten durch enge Kanäle erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, daß**

15

- die Vorrichtung aus mindestens einem Mischelement besteht, das mindestens einen Einlaßkanal und mindestens einen Auslaßkanal aufweist,

20

- von dem Einlaßkanal mindestens zwei Mikrokanäle ausgehen, wobei alle abgehenden Kanäle in einer Verzweigungsebene liegen,

- die Mikrokanäle einem Zusammenflußelement zugeführt werden, wobei der Zufluß in einer Ebene erfolgt, die gegenüber der Verzweigungsebene um 90° verdreht angeordnet ist und

25

- das Mischelement in der planaren Oberfläche eines Substrates angeordnet ist, wobei die planare Oberfläche des Substrates mit einer Abdeckung hermetisch dicht verschlossen ist.

30

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abflußkanäle in einer zur Ebene der Eingangskanäle parallelen Ebene verlaufen und über Durchbrüche zwischen den Ebenen in die Ebene der Eingangskanäle zurückgeführt werden.

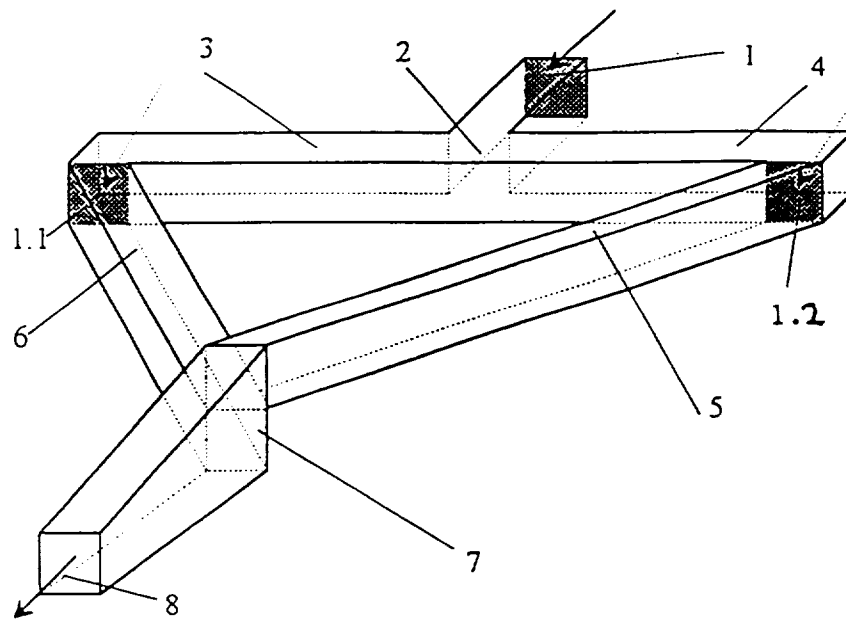
35

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** an den Zusammenflußelementen Durchbrüche zu einer nächsten Ebene ausgehen, die durch einen Verbindungskanal gebildet werden, der sich in dieser Ebene befindet, und daß von diesen Durchbrüchen neue Mischkanäle ausgehen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die von einem Zusammenflußelement ausgehenden Abflußkanäle gleichen Strömungswiderstand aufweisen.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Anzahl von Mischelementen in einer Ebene nacheinander angeordnet sind, wobei jeweils das folgende Mischelement gegenüber dem vorhergehendem Mischelement verdreht angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das folgende Mischelement gegenüber dem vorhergehendem Mischelement um 90 ° verdreht angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abdeckung aus Silizium oder aus Glas besteht.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Mikrokanäle jeder Ebene auf getrennten Substraten befinden.

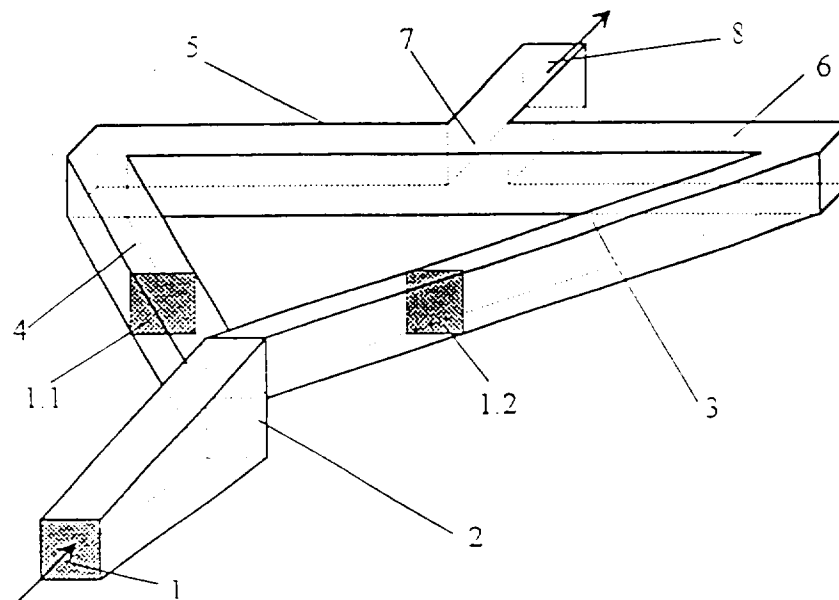
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen den Sub-
straten eine Zwischenlage befindet, die Durchbrüche
zur Verbindung zwischen den einzelnen Ebenen auf-
weist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß das Substratmaterial
einkristallines Silizium ist, welches mit Hilfe von Mikrotechnologien struk-
turiert ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrokanäle und die
Durchbrüche mit Hilfe mikrotechnische
Strukturierungsverfahren, wie chemische Ätzpro-
zesse, Laserstrukturierungsverfahren, Fotoformpro-
zesse, Sandstrahlen, und dergleichen hergestellt
werden.



Figur 1a



Figur 1b

2 / 1 0

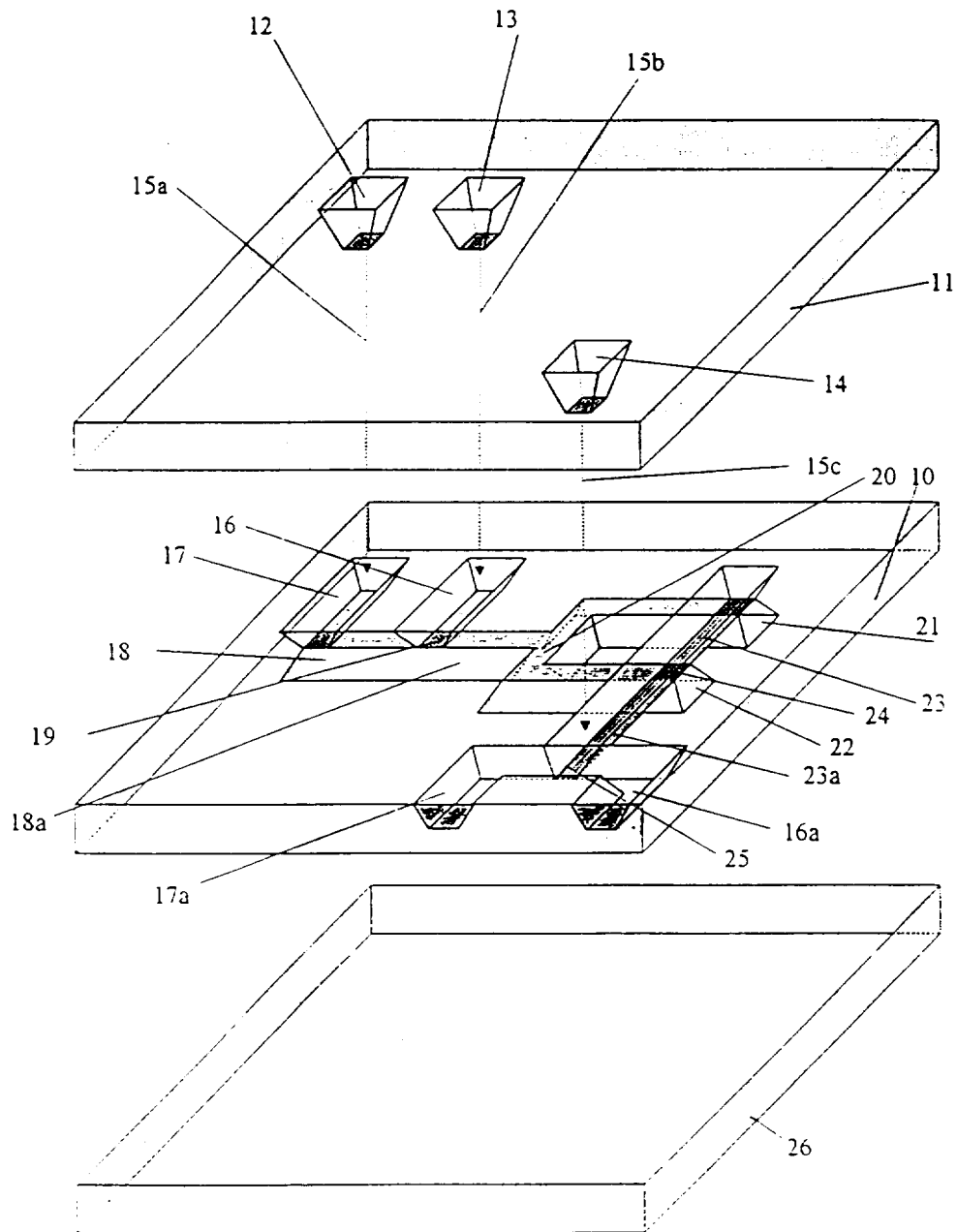
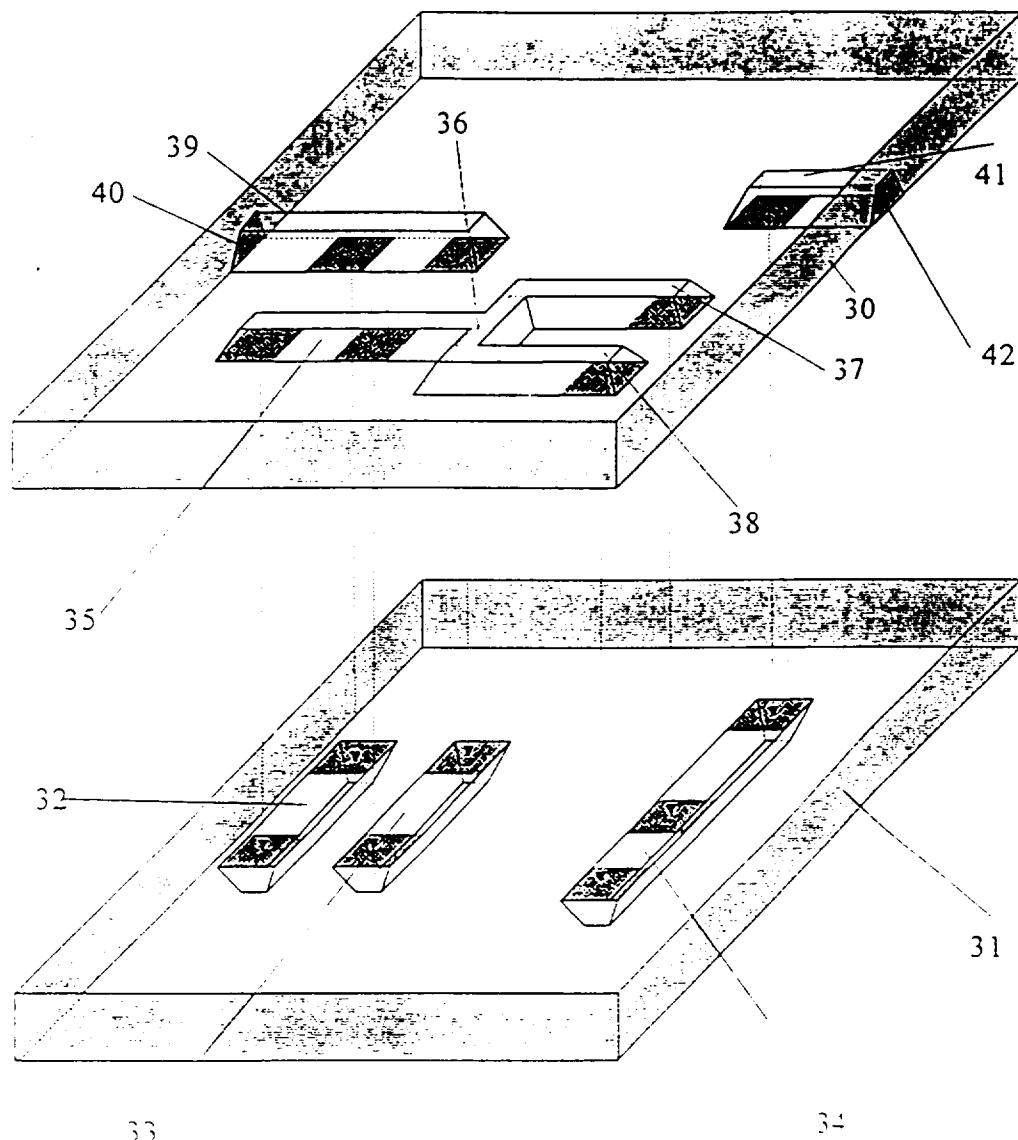


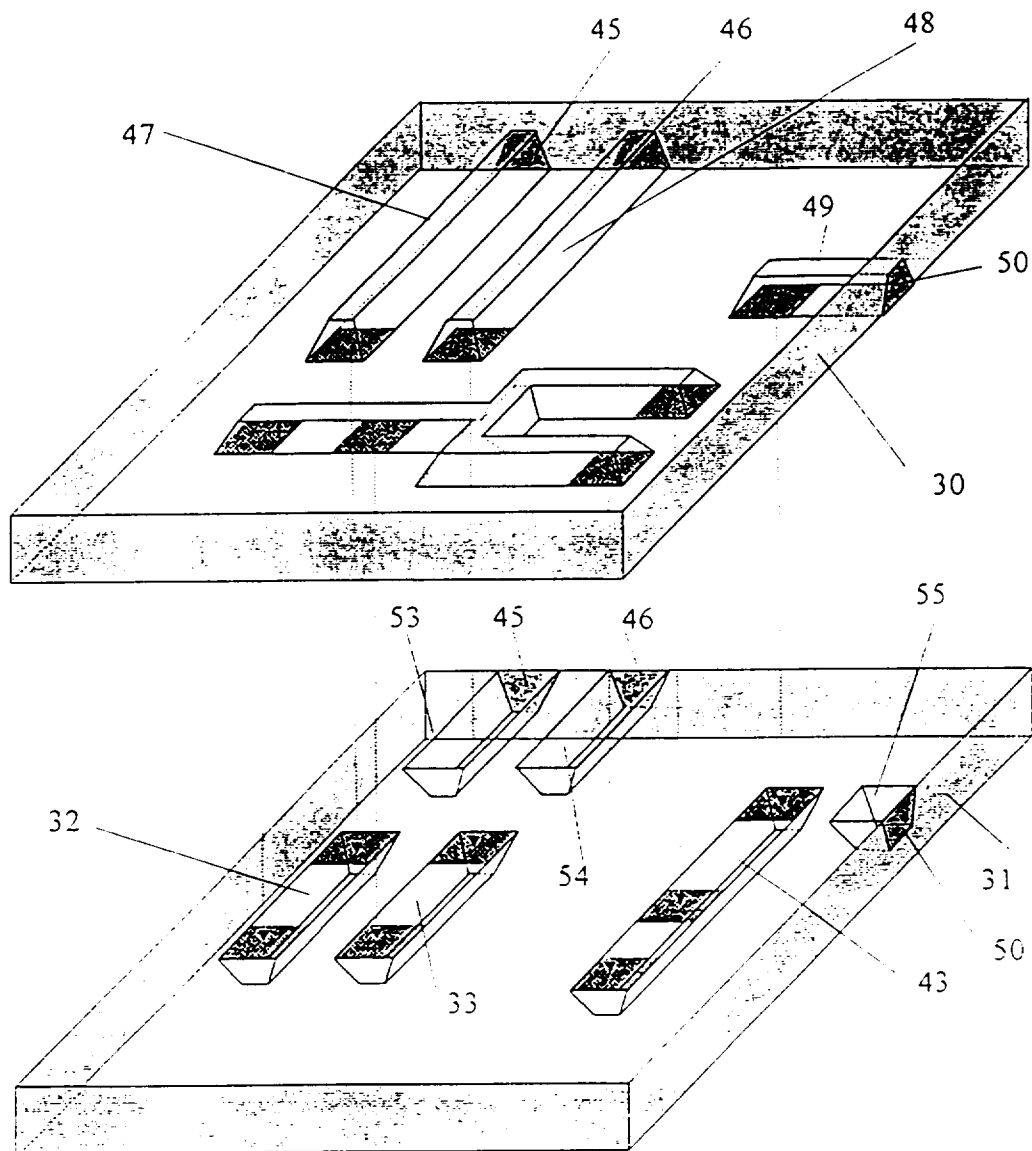
Figure 2

3 / 1 0



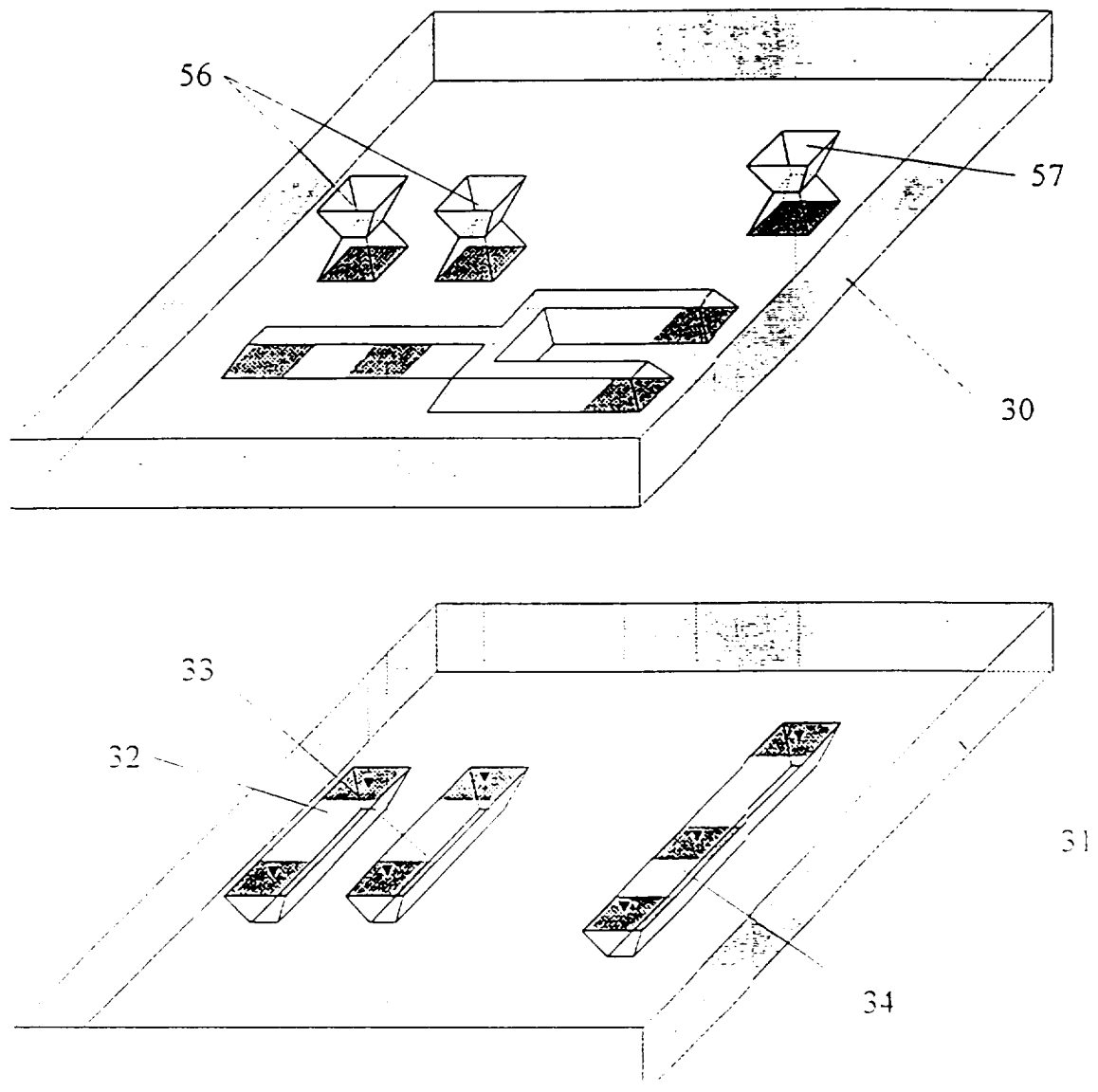
Figur 3

4 / 1 0

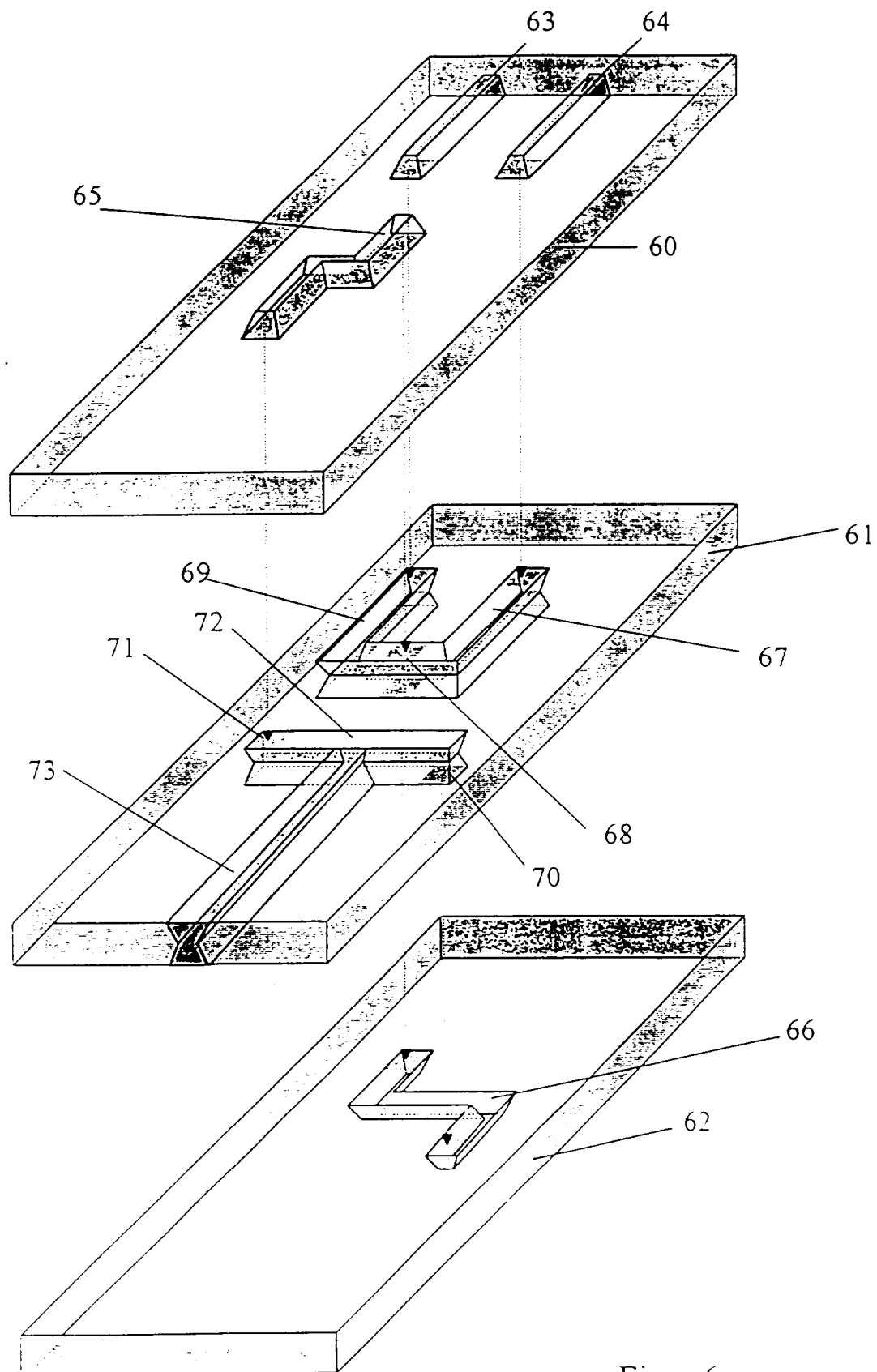


Figur 4

5 / 1 0

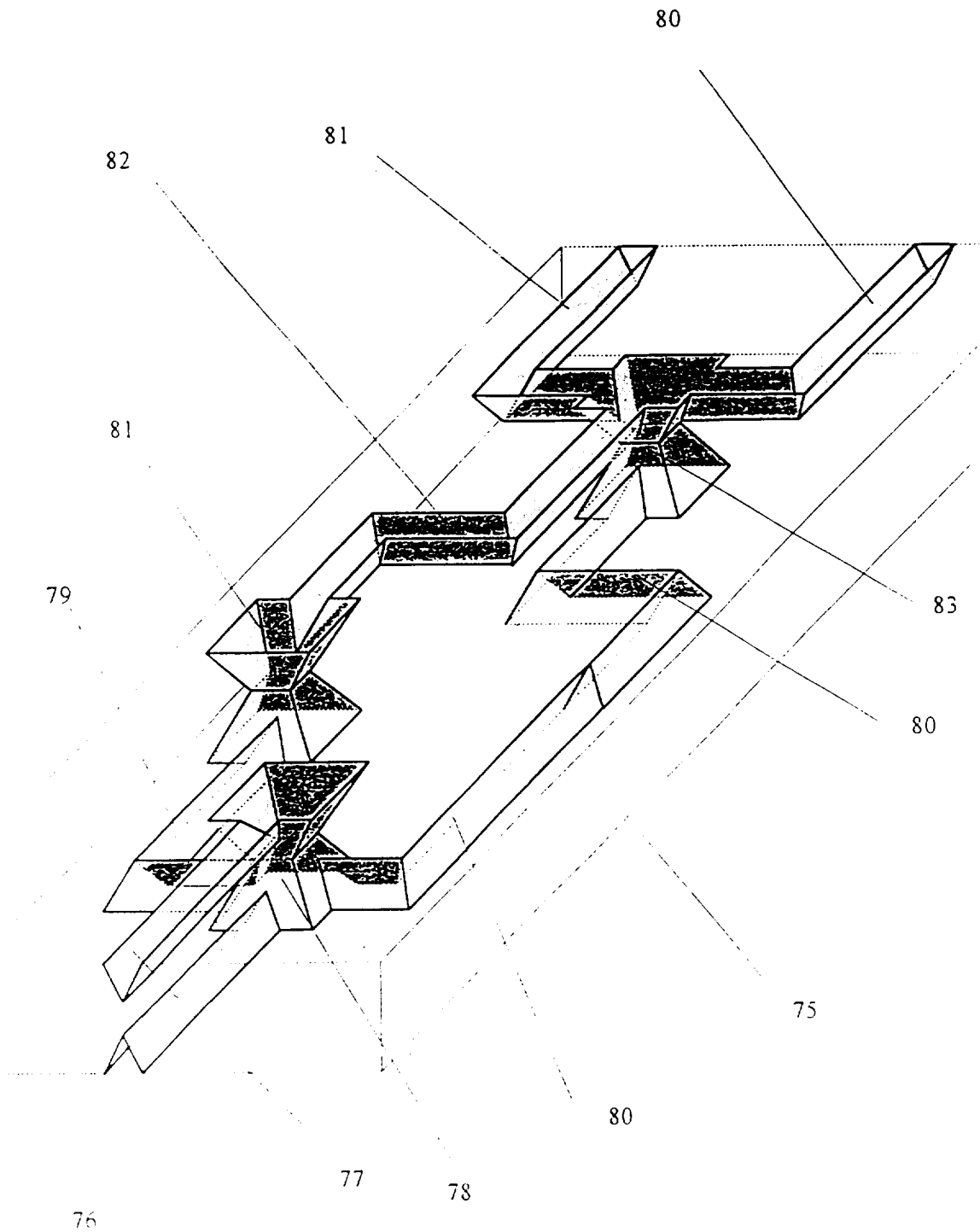


Figur 5



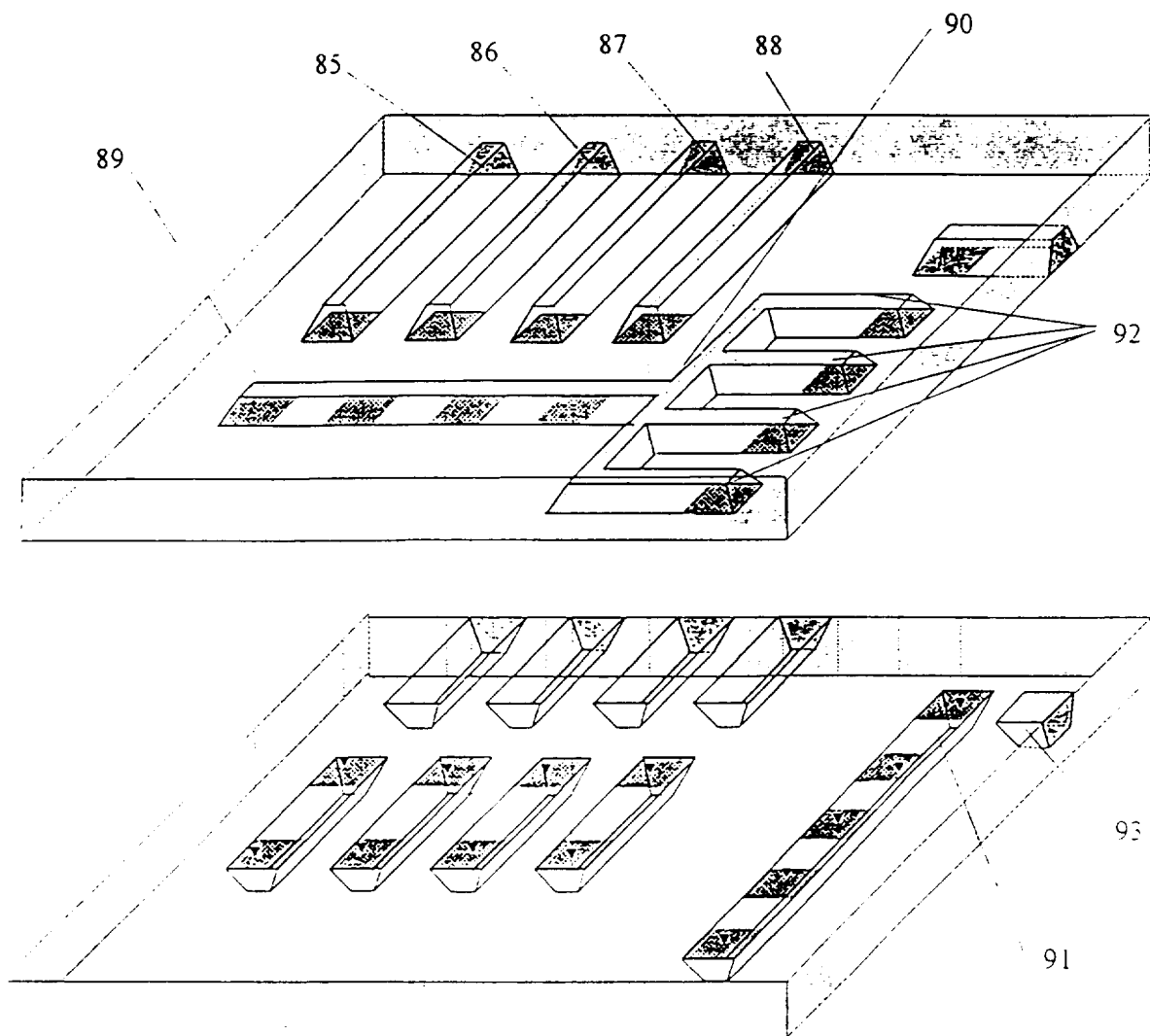
Figur 6

7 / 1 0



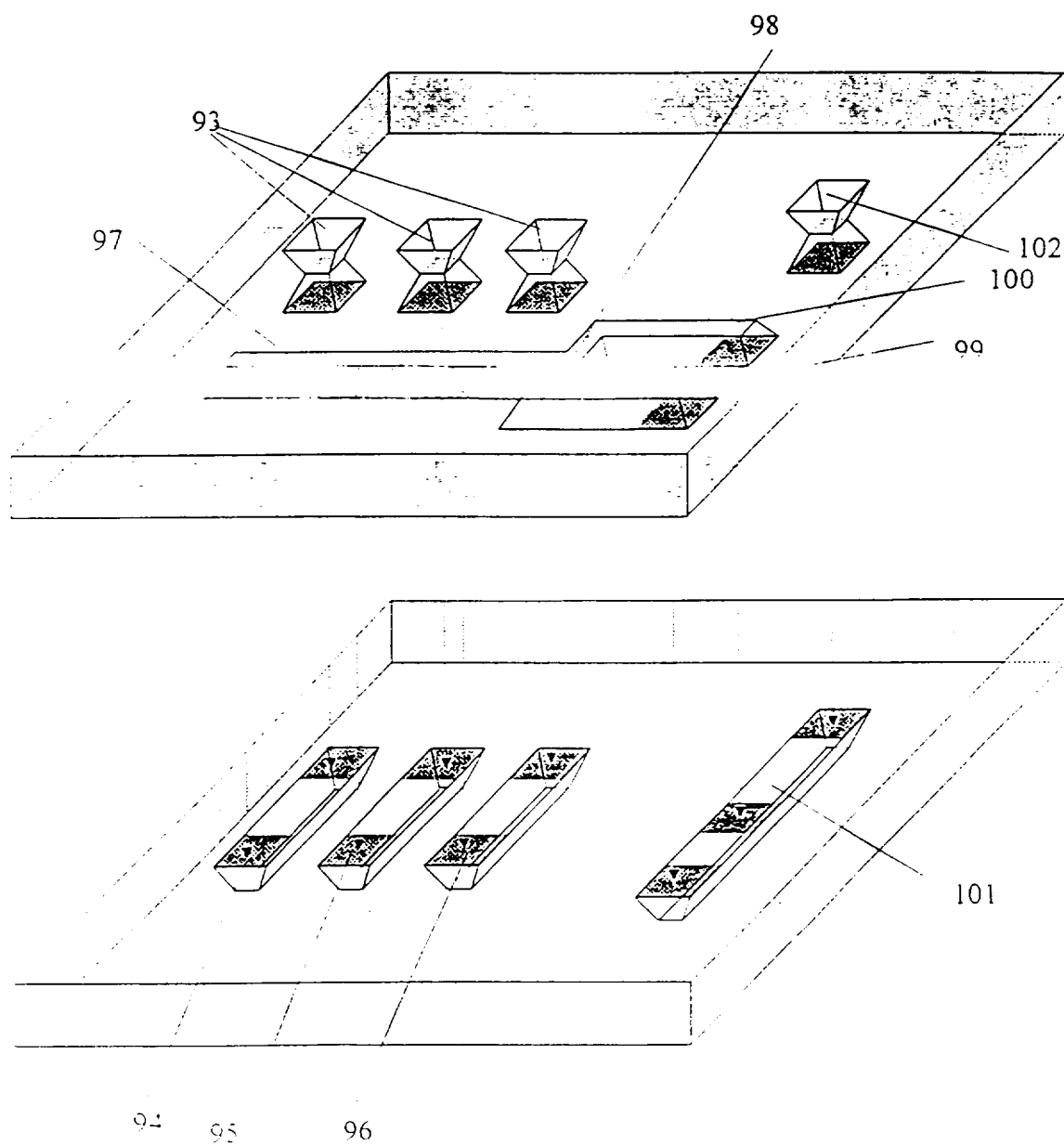
Figur 7

8 / 1 0



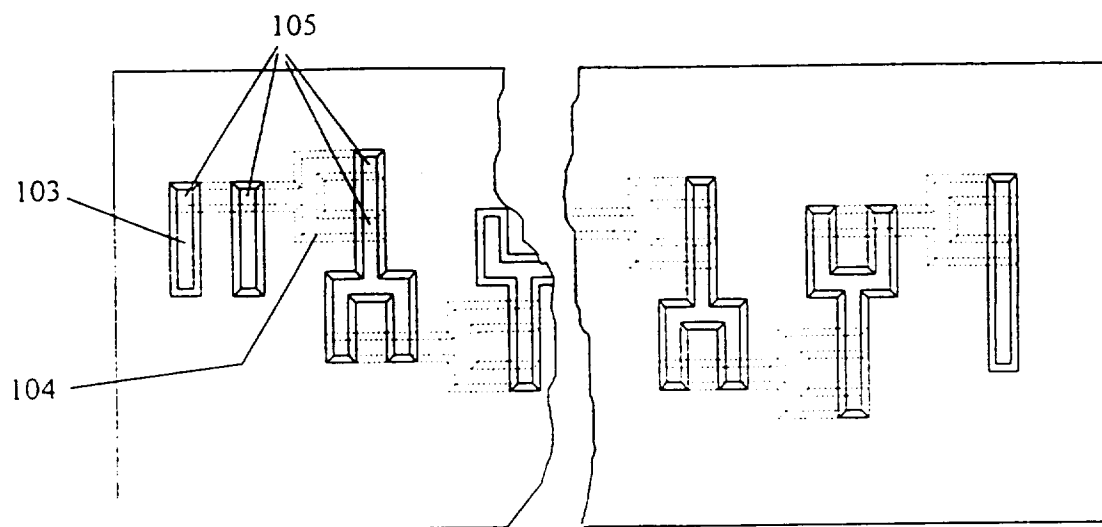
Figur 8

9 / 1 0

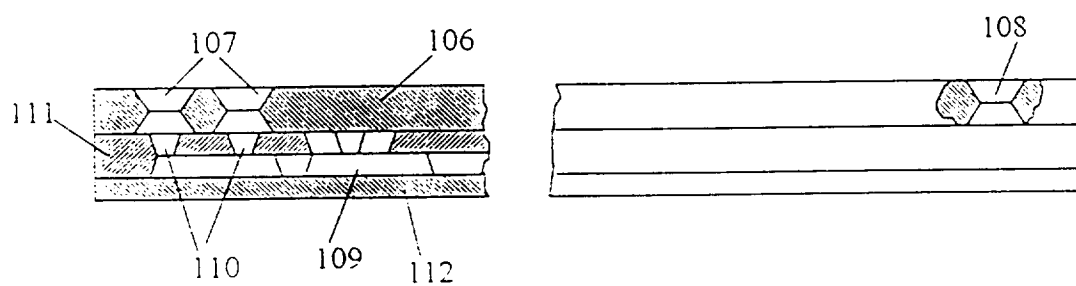


Figur 9

10 / 1 0



Figur 10



Figur 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. onal Application No
PCT/EP 96/01359

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 B01F5/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 B01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 971 450 (GERICH HORST) 20 November 1990 see the whole document ---	1,3-5
A	DE,A,20 31 772 (DOW BADISCHE CO) 8 April 1971 see claims; figures ---	1,3-5
A	FR,A,2 407 019 (ELF UNION) 25 May 1979 see claims; figures ---	1,7,10, 11
A	US,A,4 222 671 (GILMORE OSCAR P) 16 September 1980 see claims; figures ---	1,8,9
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 July 1996

Date of mailing of the international search report

31.07.96

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Voutsadopoulos, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No.

PCT/EP 96/01359

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 112 520 (GILMORE OSCAR PATTON) 5 September 1978 see claims; figures ---	1,8,9
A	EP,A,0 495 169 (BASF CORP) 22 July 1992 see column 3, line 7 - column 4, line 19; figure ---	1,7-11
A	FR,A,2 262 552 (UNION CARBIDE CORP) 26 September 1975 see claims; figures -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 96/01359

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4971450	20-11-90	NONE	
DE-A-2031772	08-04-71	BE-A- 753760 FR-A- 2060564 GB-A- 1284157 NL-A- 7010743 US-A- 3583678	31-12-70 18-06-71 02-08-72 17-03-71 08-06-71
FR-A-2407019	25-05-79	NONE	
US-A-4222671	16-09-80	NONE	
US-A-4112520	05-09-78	NONE	
EP-A-0495169	22-07-92	US-A- 5137369 DE-D- 69107824 DE-T- 69107824 JP-A- 4272210	11-08-92 06-04-95 29-06-95 29-09-92
FR-A-2262552	26-09-75	US-A- 3963221 AU-B- 7857075 BE-A- 826070 CA-A- 1016936 DE-A- 2508482 GB-A- 1477078 JP-C- 944735 JP-A- 50120055 JP-B- 53027024 SE-B- 419041 SE-A- 7502253	15-06-76 26-08-76 27-08-75 06-09-77 29-01-76 22-06-77 20-03-79 19-09-75 05-08-78 13-07-81 29-08-75

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nales Aktenzeichen
PCT/EP 96/01359

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 B01F5/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 B01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 971 450 (GERICH HORST) 20.November 1990 siehe das ganze Dokument ---	1,3-5
A	DE,A,20 31 772 (DOW BADISCHE CO) 8.April 1971 siehe Ansprüche; Abbildungen ---	1,3-5
A	FR,A,2 407 019 (ELF UNION) 25.Mai 1979 siehe Ansprüche; Abbildungen ---	1,7,10, 11
A	US,A,4 222 671 (GILMORE OSCAR P) 16.September 1980 siehe Ansprüche; Abbildungen ---	1,8,9
-/-		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
 - * A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 - * E* altes Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 - * L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 - * O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 - * P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
 - * T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
 - * X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
 - * Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
 - * &* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25.Juli 1996

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

31.07.96

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Voutsadopoulos, K

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/01359

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 112 520 (GILMORE OSCAR PATTON) 5.September 1978 siehe Ansprüche; Abbildungen ---	1,8,9
A	EP,A,0 495 169 (BASF CORP) 22.Juli 1992 siehe Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 4, Zeile 19; Abbildung ---	1,7-11
A	FR,A,2 262 552 (UNION CARBIDE CORP) 26.September 1975 siehe Ansprüche; Abbildungen -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. onales Aktenzeichen

PCT/EP 96/01359

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-4971450	20-11-90	KEINE	
DE-A-2031772	08-04-71	BE-A- 753760	31-12-70
		FR-A- 2060564	18-06-71
		GB-A- 1284157	02-08-72
		NL-A- 7010743	17-03-71
		US-A- 3583678	08-06-71
FR-A-2407019	25-05-79	KEINE	
US-A-4222671	16-09-80	KEINE	
US-A-4112520	05-09-78	KEINE	
EP-A-0495169	22-07-92	US-A- 5137369	11-08-92
		DE-D- 69107824	06-04-95
		DE-T- 69107824	29-06-95
		JP-A- 4272210	29-09-92
FR-A-2262552	26-09-75	US-A- 3963221	15-06-76
		AU-B- 7857075	26-08-76
		BE-A- 826070	27-08-75
		CA-A- 1016936	06-09-77
		DE-A- 2508482	29-01-76
		GB-A- 1477078	22-06-77
		JP-C- 944735	20-03-79
		JP-A- 50120055	19-09-75
		JP-B- 53027024	05-08-78
		SE-B- 419041	13-07-81
		SE-A- 7502253	29-08-75